Aus der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere
der Veterinärmedizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin
Direktor: Prof. Dr. L. Felix Müller

---

# D I E  V E K T O R E N  I M  E K G
# D E S  G E S U N D E N  H U N D E S [+)]

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin
an der
Freien Universität Berlin

vorgelegt von
D a g m a r  K ü h n
Tierärztin aus Gleiwitz
Berlin 1968
Journal-Nr. 627

Aus der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere
der Veterinärmedizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin
Direktor: Prof. Dr. L. Felix Müller

---

# D I E V E K T O R E N I M E K G
# D E S G E S U N D E N H U N D E S +)

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin
an der
Freien Universität Berlin

vorgelegt von
D a g m a r K ü h n
Tierärztin aus Gleiwitz
Berlin 1968
Journal-Nr. 627

+) (Mit Unterstützung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft

Gedruckt mit der Genehmigung der Veterinärmedizinischen
Fakultät der Freien Universität Berlin

| | |
|---|---|
| Dekan: | Prof. Dr. G. Bergmann |
| Referent: | Prof. Dr. L. Felix Müller |
| Korreferent: | Prof. Dr. G. Wittke |

Tag der mündlichen Prüfung: 5. Juli 1968

## G l i e d e r u n g

I. Aufgabe

II. Literaturübersicht

III. Eigene Untersuchungen

- A. Material
- B. Methodik
- C. Ergebnisse

IV. Diskussion

V. Zusammenfassung

VI. Literaturverzeichnis

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552710_0073

## I. Aufgabe

Aus der Literatur über das Elektrokardiogramm ist zu erkennen, daß das Bild des EKG in den verschiedenen Ableitungen beim Hund (14, 17, 18) im Gegensatz zu dem des Menschen (8, 15, 23) sehr variabel ausfällt. Das hat z. B. dazu geführt, daß, um eine Ordnung zu schaffen, 16 EKG-Untergruppen gebildet wurden (18). Zum Teil dürfte das daran liegen, daß die einzelnen Autoren verschiedene Ableitpunkte (19, 14, 3, 2, 26) benutzten, den Hund in verschiedenen Körperlagen und wahrscheinlich mit wechselnder Gliedmaßenstellung untersuchten. Die Herzspitze ist beim Hund im Gegensatz zum Menschen sehr lose an Zwerchfell und Sternum fixiert (1). Deshalb wird die Lagerung des Tieres eine Rolle spielen. Der Hund ist tatsächlich nicht nur in Brustbauchlage, sondern auch in beiden Seitenlagen und in Rückenlage untersucht worden. Am häufigsten sind Lagerungen in Brustbauchlage (7, 14, 24, 18, 2) und rechter Seitenlage. Die linke Seitenlage wird angewendet im Hinblick auf ein gleichzeitig zu schreibendes Phonokardiogramm mit untergeschobenem Mikrophon, die Rückenlage bei Operationsüberwachung. Von DETWEILER (4) wissen wir, daß der obere Teil der Vordergliedmaßen, also Schulterblatt und Oberarmbein, möglichst senkrecht zur Wirbelsäule stehen müssen, um das Bild des EKG nicht systematisch zu verändern.

In dieser Arbeit sollte der Einfluß von Brustbauchlage und rechter Seitenlage auf die Potentialhöhen untersucht werden, weiter, ob sich eine Änderung der Herzlage im EKG ausdrückt, wenn der Hund nach der ersten Aufzeichnung vom Ableitungstisch genommen und erneut in Brustbauchlage bzw. rechte Seitenlage gebracht wird. Durch Bestimmung der mittleren Spannungshöhen der Wellen und Zacken des EKG, also von P, Q, R, S und T, sollte untersucht werden, ob die Vektoren dieser Zacken in Brustbauchlage in reproduzierbare Richtung zeigen. Dadurch würde mittels der Projektionsgesetze eine einfache Ordnung in die Potentialhöhen der Ableitungen bzw. des EKG-Bildes der einzelnen Ablei-

tungen gebracht werden. Auch sollte versucht werden, ein System in die beim Hund normalerweise so verschiedene Form von T zu bringen.

## II. Literaturübersicht

Die Autoren, die sich mit dem EKG des Hundes befaßt haben, sind verschiedener Meinung über die günstigste Lagerung des Tieres und die Wahl der Ableitpunkte. Sie geben die Höhe der Potentiale sehr verschieden an.

### a) Lagerungen

Am häufigsten wird der Hund in rechter Seitenlage (LANNEK (14), DETWEILER (3), MAINZER und KRAUSE (17), GYARMATI (6), LALICH, COHEN, WALKER (13) u. a.) und in Brustbauchlage untersucht (HAUPT (7), LUDWIG (16), SCHULZE, CHRISTOPH, NOWAK (24), CALDR (2)). In linker Seitenlage wird von MAINZER und KRAUSE (17), GYARMATI (6) und LALICH, COHEN und WALKER (13) abgeleitet, in Rückenlage von KRAFT (11), PETERSEN, RICKETTS, BREWER, LINTS, TEST und TUPIKOVA (20).

MAINZER und KRAUSE (17) berichten, daß die Form des EKG sich beim Hund nach dem Wechsel von rechter in linke Seitenlage ändert. Das führen sie auf die Beweglichkeit der Herzspitze zurück. LANNEK (14) und GYARMATI(6) beschreiben, wie sich das Bild des EKG in den verschiedenen Ableitungen durch die labile Herzstellung des Hundes verändert. Auch KATZ, SERSKIN und FRISCH (10) erwähnen die Beweglichkeit des Herzens im Hundethorax. Nach GYARMATI (6) treten beim Vergleich zwischen dem stehenden und dem sich in Brustbauchlage befindenden Hund keine Unterschiede im EKG-Bild auf. Nach Untersuchungen von DETWEILER (4) ändert sich das Bild des EKG beim Verschieben der Vordergliedmaßen systematisch.

### b) Ableitpunkte und Ableittechnik

Eine umfassende Zusammenstellung der verschiedenen Ableitpunkte

findet man in den humankardiologischen Lehrbüchern (LEPESCHKIN (15), HOLZMANN (8) u. a.). NÖRR (19) benutzte als Ableitpunkte die Regio praescapularis dextra dorsalis und die Regio apicis. Dem wurden später von diesen beiden Abgriffen zwei weitere Ableitungen zur Regio glutaea hinzugefügt (LUDWIG (16), SCHULZE, CHRISTOPH (24).

Heute werden i. a. wie beim Menschen die Extremitätenableitungen, und zwar die bipolaren nach EINTHOVEN und die unipolaren nach GOLDBERGER verwendet (LANNEK (14), DETWEILER (3), CALDR (2), GONIN (5), WEPPLER (26). Als Ableitpunkte für die Brustwandableitungen wurden meistens die von LANNEK (13) übernommen.

c) Potentialhöhen

Die Ausschlaghöhe von R wird beim Menschen zur Bestimmung der Lage der elektrischen Herzachse (Herzbasis - Herzspitze) benutzt: im EINTHOVEN'schen Dreieck ist es möglich, normalerweise 5 sog. Positionstypen zu unterscheiden, den Mitteltyp, den Linkstyp, den Steiltyp, den Rechtstyp und den Sagittaltyp (HOLZMANN 8).

Beim Hund hat man auf dieselbe Weise die Lage der elektrischen Herzachse bestimmt. LANNEK (14) errechnet mit Hilfe der EINTHOVEN'schen Extremitätenableitungen, also für die Dorsalebene (N.a.V. 27), einen Durchschnittswert von 79° in rechter Seitenlage. GONIN (5) bestimmt die elektrische Herzachse in Brustbauchlage und rechter Seitenlage. Er konstruiert sie mittels der 3 bipolaren und der 3 unipolaren Extremitätenableitungen. Der Winkel der elektrischen Herzachse beträgt in Brustbauchlage 75° und in rechter Seitenlage 66°, d.h. die Achse steht in Bauchlage etwas steiler als in Seitenlage. Das Ergebnis ist allerdings nicht statistisch berechnet. Mit Hilfe des Quotienten Thoraxhöhe/Thoraxbreite versucht er, Zusammenhänge zwischen schmal- und breitbrüstigen Rassen und deren Herzachsenlage zu finden. Es stellt sich heraus, daß schmalbrüstige Rassen die Tendenz zu steiler Herzlage, breitbrüstige zu schrägerer Herzlage haben. SCHULZE, CHRISTOPH und NOWAK (24) werfen die Frage auf, ob es beim Hund möglicherweise Typen von Herz-

achsenlagen gibt, wie sie beim Menschen beschrieben sind.

Nach HAUPT (7) sind beim normalen EKG des Hundes P, R und T positiv. Selten ist T negativ oder "zweigipflig". GYARMATI (6) gibt an, daß ein negatives S und ein positives T in Abl. I seltener sind als in Abl. II und III. Nach LANNEK (14) variiert die T-Welle von positiv über isoelektrisch und diphasisch hin zu negativ. Dabei soll die Diphasigkeit mit präterminaler und terminaler Negativität aufgetreten sein, d.h. T ist erst negativ und dann positiv bzw. umgekehrt. Er beschreibt auch eine U-Welle, die auf dem absteigenden Schenkel der T-Welle liegen und immer positiv sein soll. CALDR (2) vergleicht das Kurvenbild der Extremitätenableitungen mit dem der Brustwandableitungen und findet einen signifikanten Unterschied in der Höhe des QRS-Komplexes. Er sieht eine gespaltene T-Welle als normal an.

## III. Eigene Untersuchungen

### A. Material

Für die Bestimmung der Vektoren wurden Elektrokardiogramme von 28 untrainierten, klinisch gesund erscheinenden Versuchshunden geschrieben. Diese Gruppe A setzte sich aus 10 Schäferhundbastarden, 6 Terrierbastarden, 3 Vorstehbastarden und 9 Rassehunden (6 Deutsche Schäferhunde, 2 Beagles und 1 Königspudel) zusammen. Die Hunde dieser Gruppe wogen 18 - 29 kg und waren 1 - 8 Jahre alt, 16 waren Rüden und 12 Hündinnen.

Außerdem wurden die Elektrokardiogramme von weiteren 57 Hunden großer Rassen ausgemessen. Bei dieser Gruppe B handelte es sich um Diensthunde der Berliner Schutzpolizei. 55 Hunde waren Deutsche Schäferhunde und Schäferhundbastarde, die 2 übrigen ein Dobermann und ein Hovawart. Das Gewicht lag den Rassen entsprechend zwischen 25 und 40 kg, das Alter zwischen 4 und 11 Jahren. Die Zahl der Rüden überwog (54 Rüden, 3 Hündinnen).

B. Methodik

Die Hunde der Gruppe A wurden in Brustbauchlage und in rechter Seitenlage untersucht. Dabei nahmen die meisten Hunde spontan die Brustbauchlage ein, während die rechte Seitenlage nur selten von selbst eingenommen wurde. Die Hunde mußten hierzu hingelegt und vielfach mit leichtem Zwang gehalten werden. Von 34 Hunden schieden 6 aus, weil sie in rechter Seitenlage kein brauchbares EKG lieferten.

Nach der Ableitung in Brustbauchlage ließen wir die Hunde der Gruppe A aufstehen, ohne die Ableitelektroden zu entfernen. Dann wurden die Tiere in rechte Seitenlage gebracht und abgeleitet. Nach der Aufzeichnung in rechter Seitenlage wurden die Elektroden entfernt. Nach einer kurzen Pause, in der der Hund sich frei bewegen durfte, wurden nochmals in beiden Lagerungen, zuerst in rechter Seitenlage, ein EKG geschrieben. Bei der Aufzeichnung der Elektrokardiogramme wurde darauf geachtet, daß die Oberarme des Tieres senkrecht zur Wirbelsäule und parallel zueinander lagen (4).

Die Hunde der Gruppe B wurden in Brustbauchlage, wenige im Stehen, abgeleitet. Da der Thorax in stehender Haltung dieselbe Richtung wie in Brustbauchlage einnimmt, ist zu erwarten, daß ähnliche Verhältnisse für die Herzlage bestehen (6).

a) Gerät

Die Aufzeichnung der Herzströme erfolgte mittels eines 8-Kanal Registriergerätes [1], das wie folgt eingestellt war:

| | |
|---|---|
| Zeitkonstante | 1,5 Sekunden |
| obere Grenzfrequenz | 70 Herz |
| Papiervorschub | 5 cm/Sekunde |
| Eichung | 1 mV = 1 cm |

b) Ableitpunkte und Ableittechnik

Die Aufnahme der Elektrokardiogramme erfolgte in einem schallisolierten Raum auf einem Sofa. Als Ableitelektroden wurden

---

[1] Hersteller Fritz Schwarzer GmbH., München-Pasing

Michelwundklammern verwendet (9). Für die Abgriffe der bipolaren Extremitätenableitungen wurden die allgemein üblichen Ableitpunkte

I für rechten Unterarm - linken Unterarm
II für rechten Unterarm - linken Unterschenkel
III für linken Unterarm - linken Unterschenkel

benutzt. Für die unipolaren Extremitätenableitungen wurde jeweils eine Elektrode gegen die kurzgeschlossenen beiden anderen geschaltet. Ableitungen bzw. Ableitpunkte sind für

aVR der rechte Unterarm
aVL der linke Unterarm und für
aVF der linke Unterschenkel.

Als Ableitpunkte für die unipolaren Brustwandableitungen dienten die Tastelektroden:

$CV_5$, rechts im 5. Interkostalraum in Höhe des Sternalrandes,
$CV_{6ll}$, links im 6. Interkostalraum in Höhe des Sternalrandes,
$CV_{6lu}$, links im 6. Interkostalraum in Höhe der Knochenknorpelverbindung der Rippen.

Diese Brustwandelektroden waren als Tastelektroden gegen die WILSON'sche Zentralelektrode geschaltet.

c) Auswerttechnik

Bei der Auswertung der Elektrokardiogramme der Hunde der Gruppe A wurden von jeweils 5 EKG-Abläufen die R-Zacken ausgemessen und gemittelt. Bei diesen Hunden wurde die elektrische Herzachse in Brustbauchlage und in rechter Seitenlage mittels der Projektionsgesetze im EINTHOVEN'schen Dreieck bestimmt (Tab. 1, Abb. 2). Bei diesem Material wurde weiter ausgezählt, wie oft die höchsten Zacken von P, R, S und T in den verschiedenen Extremitätenableitungen auftraten (Tab. 2).

Bei den Hunden der Gruppe B wurden die Zacken und Wellen P, Q, R, S und T für die bipolaren und die unipolaren Extremitätenableitungen und die Brustwandableitungen ausgemessen.

Hierzu wurden die Potentialhöhen von jeweils 5 EKG-Abläufen ausgewertet und dann gemittelt.

Zum Ausmessen stand ein Auswertlineal [2] zur Verfügung, auf dem die Zeitwerte in Millisekunden und die Spannungswerte in Millivolt ablesbar waren. Beim diphasischen T wurde die Amplitude vom tiefsten negativen zum höchsten positiven Punkt ausgemessen.

d) Projektionsgesetze

Für die Festlegung der elektrischen Herzachse wurden die R-Zackenhöhen der bipolaren Extremitätenableitungen II und III im EINTHOVEN'schen Dreieck benutzt (Tab. 1 und Abb. 2). Für die Bestimmung der Vektoren wurden die sog. Projektionsgesetze angewendet (Tab. 2 und 3, Abb. 3, 4, 5). Sie gelten unter bestimmten elektrophysikalischen Voraussetzungen. Diese sind im Organismus alle nicht ganz erfüllt. Es müßten nämlich

1. die 3 Ableitpunkte, das sind die beiden Schultern und die linke Leistengegend, für das Projektionsschema der Abb. 2, 3 und 4 die Ecken eines gleichseitigen Dreiecks bilden;
2. das Herz müßte darin zentral liegen;
3. der Dipol, das Herz, müßte unendlich klein sein;
4. das Kraftfeld sollte sich in einem homogenen und
5. in einem unbegrenzten Medium befinden (22, 12).

Üblicherweise wird vereinfachend angenommen, daß diese Voraussetzungen zutreffen. In der Praxis bekommt man tatsächlich brauchbare Ergebnisse, weshalb im allgemeinen so vorgegangen wird (23, 8, 15, 5). Die Projektionsgesetze (22, 12) vermitteln eine Vorstellung, wie sich die elektrischen Kräfte des Herzmuskels auf die Körperoberfläche, von der wir ableiten, projizieren.

Die i. a. in Human- und Veterinärmedizin üblichen Ableitpunkte liegen etwa in zwei anatomischen Ebenen, die Extremitätenableitungen in der Dorsal- (27), auch Bilateralebene genannt (21),

---

[2] Cardiometer, Fa. Siemens

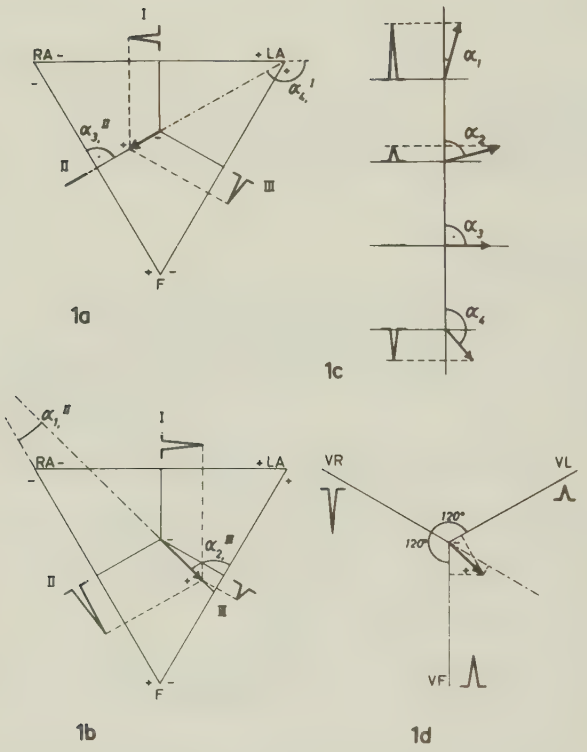


Abb. 1
zeigt schematisch wie sich nach den Projektionsgesetzen ein Vektor in einer Ableitung darstellt. In Abb. 1c ist die Senkrechte die Ableitlinie, die Pfeile sind die Vektoren. Je nach Größe des Ableitwinkels, d. i. der Winkel zwischen Ableitlinie und Vektor, erscheint in der Ableitung die Zacke groß, klein, nicht oder negativ. In Abb. 1a und b sind die Projektionen zweier Vektoren in die bipolaren Extremitätenableitungen und in Abb. 1d die Projektion eines Vektors in die unipolaren Extremitätenableitungen dargestellt. Den Ableitungswinkeln $\alpha_1 - \alpha_4$ in 1c entspricht je ein Fall in Abb. 1a, 1b und 1d.

und die Brustwandableitungen in der Transversalebene (21).

Nimmt man vereinfachend an, daß die Ableitpunkte der Extremitätenableitungen die Ecken eines gleichseitigen Dreiecks bilden, dann entsprechen die Dreiecksseiten den Ableitlinien der bipolaren Ableitungen (Abb. 1a, 1b) und die Strahlen vom Dreiecksmittelpunkt zu den Ecken den Ableitlinien der unipolaren Ableitungen (Abb. 1d). Es ist geometrisch durch Lotung möglich, die Größe einer elektrischen Kraft in einer Ableitung zu bestimmen. Sie erscheint, dargestellt durch einen Vektor, in einer Ableitung so groß wie sein Lot auf die Ableitlinie. Seine Ausschlaghöhe ist also abhängig vom Ableitwinkel $\alpha$, der von der Ableitlinie und dem Vektor bzw. seiner Verlängerung gebildet wird. Ist dies ein spitzer Winkel ($\alpha_1$ in Abb. 1c und für Abl. II $\alpha_1$ in Abb. 1b, Schnittpunkt der Verlängerung des Vektors und der Ableitlinien von F über RA hinaus) sind projektion und Ausschlag groß. Bei fast rechtwinkligem Ableitwinkel ($\alpha_2$ in Abb. 1c und für Abl. III $\alpha_2$ in Abb. 1b) sind Projektion und Ausschlag klein. Bei rechtem Winkel ($\alpha_3$ in Abb. 1c und für Abl. II $\alpha_3$ in Abb. 1a) bleibt die Ableitung stumm. Ist der Winkel ein stumpfer ( $\alpha_4$ in Abb. 1c und für Abl. I $\alpha_4$ in Abb. 1a), erfolgt ein Ausschlag in entgegengesetzter Richtung, also ein negativer (8, 15, 12, 23).

Eine Spannungsdifferenz ist also so groß wie ihre Lotung auf die Ableitlinie. Neben der Größe der Spannungsdifferenz kann auch die Ausschlagrichtung des Vektors bestimmt werden. Es besteht einmal die Möglichkeit, aus der Richtung des Vektors seine Größe in einer Ableitung zu bestimmen, umgekehrt aber - was für die klinische Vektorbestimmung viel wichtiger ist - aus der Größe in den Ableitungen auf seine Lage im Körper zu schließen. Außerdem ist das die Grundlage für die bildliche Vorstellung, wie sich der Vektor im Thoraxraum dreht, und für das Verständnis der Vektorkardiographie.

Außer dieser geometrischen Darstellung können diese Beziehungen auch mit Hilfe der Winkelfunktionen errechnet werden. Wie der Vergleich ergibt, haben die 3 Ableitlinien der bipolaren Ableitungen (Abb. 1a und b) zueinander jeweils einen Winkel von $60^{\circ}$,

ebenso die 3 unipolaren unter sich (Abb. 1d) (25).

Die Vektorprojektion mittels der unipolaren Brustwandableitungen ist aus drei Gründen mit noch größeren Fehlermöglichkeiten als die Projektion für die Extremitätenableitungen behaftet. Erstens ergeben die Projektionsgesetze infolge der Herznähe der Abnahmepunkte Fehlerquellen. Zweitens liegen R und S in Bezug auf die QRS-Zeiten, also den Abhub zu Q bzw. R von der Nullinie und die Rückkehr von S oder R zu Null, desto später, je weiter links über dem Herzen abgeleitet wird. Es dürfen also die R-Zackenmaxima nicht zur Konstruktion herangezogen werden, sondern streng gleichzeitige Phasen im aufsteigenden und absteigenden Schenkel von R. Das ist im Prinzip möglich, doch schneidet in der Meßpraxis bei der üblichen Papiergeschwindigkeit von 5 cm/ Sekunde der Ausschlag die Senkrechten sehr steil, so daß ein großer Meßfehler bestehen bleibt. Für die übrigen Zacken trifft das nicht zu. Drittens ist die Richtung von QRS abhängig von der Elektrodenposition in Bezug auf die elektrische Nullfläche, deren Lage beim Hund elektrokardiographisch schwer festzulegen ist (28). Auch diese Einschränkung gilt nicht für P und T.

# C. ERGEBNISSE

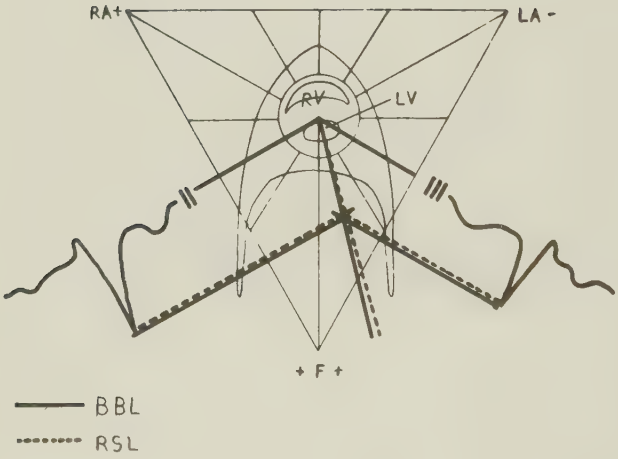


Abb. 2

Graphische Bestimmung der elektrischen Herzachse im EINTHOVEN'schen Dreieck. Es sind die mittleren R-Zackenhöhen aus der Tab. 1 für die Brustbauchlage (BBL) und die rechte Seitenlage (RSL) bei den 28 Hunden der Gruppe A dargestellt. Die Winkel zur Querachse des Körpers betragen in Brustbauchlage 76° und in rechter Seitenlage 74°. Die statistische Berechnung ergibt für beide Lagen keinen Unterschied (t-Test, $p < 0,05$).

SPANNUNGSWERTE von R in Abl. II und III in mV

| | BBL | | RSL | |
|---|---|---|---|---|
| | II | III | II | III |
| $\bar{x}$ | 1,290 | 0,940 | 1,261 | 0,923 |
| $s_x$ | 0,354 | 0,328 | 0,363 | 0,347 |
| $s_{\bar{x}}$ | 0,070 | 0,065 | 0,072 | 0,069 |

ZEITWERTE in Abl. II in Sekunden

| | P | PQ | QRS | QT | RR | Frequenz |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Langsame Frequenz | | | | |
| $\bar{x}$ | 0,044 | 0,127 | 0,054 | 0,222 | 0,832 | 72,2 |
| $s_x$ | | 0,021 | 0,007 | 0,015 | 0,040 | |
| $s_{\bar{x}}$ | | 0,005 | 0,001 | 0,004 | 0,010 | |
| | | Schnelle Frequenz | | | | |
| $\bar{x}$ | 0,043 | 0,111 | 0,053 | 0,204 | 0,464 | 129,7 |
| $s_x$ | | 0,017 | 0,007 | 0,012 | 0,016 | |
| $s_{\bar{x}}$ | | 0,004 | 0,002 | 0,003 | 0,004 | |

Tab. 1

Im oberen Tabellenteil sind die durchschnittlichen R-Zackenhöhen ($\bar{x}$) der 28 Hunde der Gruppe A der Abl. II und III in Brustbauchlage (BBL) und rechten Seitenlage (RSL) eingetragen. Darunter stehen die Standardabweichungen der Einzelwerte ($s_x$) und die des Mittelwertes ($s_{\bar{x}}$). Der Unterschied zwischen Brustbauchlage und rechter Seitenlage ist nicht signifikant (t-Test, $p < 0{,}05$), d.h. die elektrische Herzachse zeigt in beiden Lagen in dieselbe Richtung. Im unteren Bildteil sind dieselben statistischen Maßzahlen für die EKG-Zeiten eingetragen.

C. Ergebnisse

Bei der Auswertung der Elektrokardiogramme der Hunde der Gruppe A wurden von jeweils 5 EKG-Abläufen die R-Zacken ausgemessen. Diese wurden für den einzelnen Hund gemittelt, aus den Mittelwerten wurden Gesamtmittel für alle 28 Hunde gebildet. Es sind die Mittelwerte $\bar{x}$, die Standardabweichungen der Einzelwerte $s_x$ und die des Mittelwertes $s_{\bar{x}}$ angegeben. Dieses Gesamtmittel der R-Zacken und die Standardabweichungen sind für die Projektionsebene der Extremitätenableitungen aus Tab. 1 zu ersehen, links die Werte für die Brustbauchlage, rechts die Werte für die rechte Seitenlage.

Es lag nahe, das vorliegende Material auch zeitlich auszuwerten. Es ist daher in Tab. 1 mitangegeben und sei hier als Einschub behandelt. Es sind die Zeiten P, PQ, QRS und QT für langsame und schnelle Frequenz ausgemessen.

In Abb. 2 sind die Gesamtmittel der R-Zackenhöhen der 28 Hunde der Gruppe A für die Brustbauchlage und die rechte Seitenlage in der Projektionsebene der Extremitätenableitungen eingezeichnet. Es sind im EINTHOVEN'schen Dreieck die stilisierten Ableitungen II und III senkrecht zu ihren Ableitlinien eingetragen. Der Schnittpunkt der Projektionen der R-Zacken wird mit dem Dreiecksmittelpunkt verbunden. Diese Linie wird als elektrische Herzachse bezeichnet. Ihre Lage gibt man in einem Winkel an, den sie mit einer quer zur Längsachse liegenden Geraden bildet. Er beträgt bei den untersuchten Hunden der Gruppe A in Brustbauchlage $76^{\circ}$ und in rechter Seitenlage $74^{\circ}$.

Wie aus Tab. 1 zu ersehen ist, streuen die R-Zackenhöhen in beiden Körperlagen stark. Die Standardabweichung des Einzelwertes ($s_{\bar{x}}$) beträgt nämlich ungefähr ein Viertel der mittleren R-Zackenhöhe in den Abl. II und etwa ein Drittel in den Abl. III. Der Vergleich der Werte in den beiden Körperlagen mittels t-Test (25) ergibt keinen Unterschied ($p < 0{,}05$), d.h. die Richtung der elektrischen Herzachse des Hundes in Brustbauchlage und in rechter Seitenlage ist im Mittel gleich.

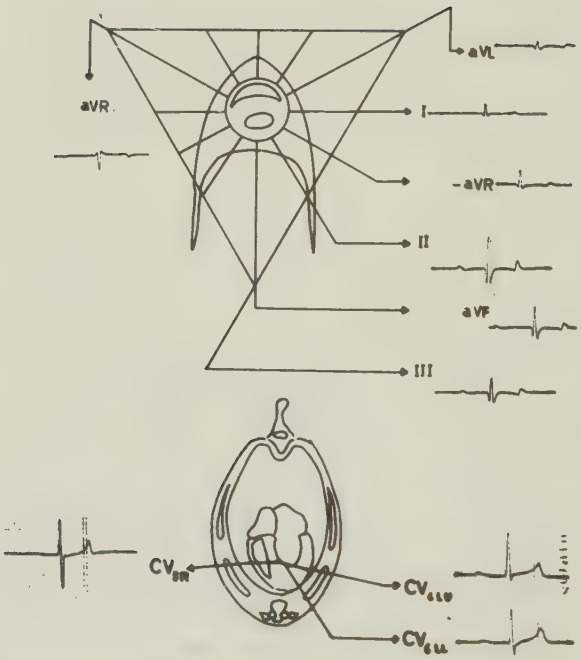


Abb. 3 (Legende gilt auch für Abb. 4)
Schema für die Vektorbestimmung in der klinischen Diagnostik. Im oberen Bildteil ist zentral im EINTHOV'schen Dreieck Herz- und Thoraxschnitt in der Projektionsebene der Extremitätenableitungen, das ist anatomisch die Dorsal-(Bilateralebene) dargestellt. Unten im Bild ist das Schema eines Thoraxschnittes in der Höhe der Hauptmasse des Herzens für die Ebene der Brustwandableitungen, das ist anatomisch die Transversalebene, abgebildet. (Fortsetzung unter Abb. 4).

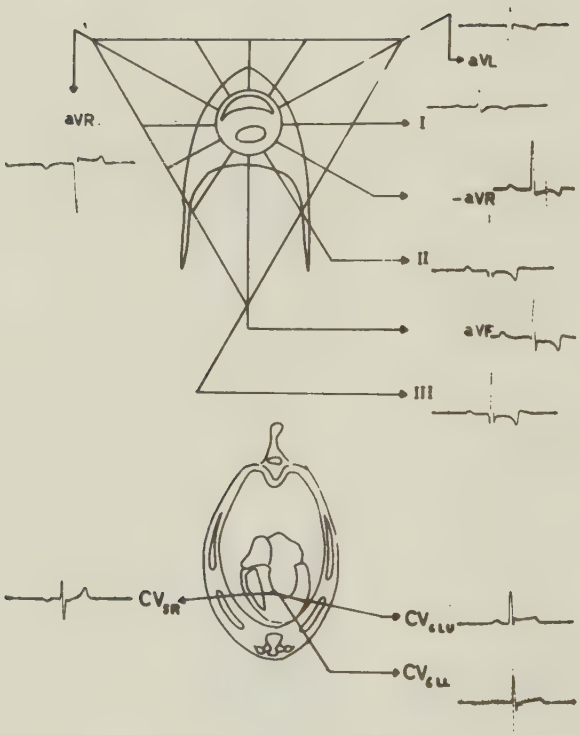


Abb. 4 (Fortsetzung der Legende unter Abb. 3)
Die Geraden durch den Dreiecksmittelpunkt, oben, und vom Herzmittelpunkt, unten, ausgehend, entsprechen den Ableitlinien der Ableitungen, mit denen sie bezeichnet sind. - Alle Zacken und Wellen sind i. a. in Abl. II und in der unteren linken Brustwandableitung am größten - mit Ausnahme von S.S ist in der rechten Brustwandableitung am tiefsten. In den Nachbarableitungen werden sie nach beiden Seiten systematisch kleiner. Hat man dieses Schema der Ableitlinien vor Augen, können schon während der EKG-Aufzeichnung Veränderungen im Elektrokardiogramm erkannt werden.

Daß die Richtung der elektrischen Herzachse in diesen beiden Lagen etwa gleich ist, geht auch daraus hervor, daß die R-Zackenhöhen signifikant gleiche Größe (t-Test, $p < 0{,}05$) haben, wenn der Hund vom Ableitungstisch genommen und erneut in diese beiden Lagen gebracht wird.

Oben in Abb. 3 ist das Schema eines anatomischen Dorsalschnittes, das ist die Ebene der Extremitätenableitungen in das EINTHOVEN'sche Dreieck eingezeichnet. Als Vorbild dienten Gefrierschnitte von 12 Hunden. In seinem Mittelpunkt ist in der Ventralansicht das schematisierte Hundeherz in Höhe der Ventrikel, oben die rechte Kammer, unten die linke Kammer, dargestellt.

Im Projektionsschema der Abb. 3 oben sind die Ableitlinien der bipolaren Ableitungen zum leichteren Vergleich mit den unipolaren parallel verschoben durch den Dreiecksmittelpunkt gelegt. Nun haben die 6 Ableitlinien zueinander Winkel von $30^{\circ}$ und man kann die Veränderungen der Ausschlaghöhen in den einzelnen Ableitungen verfolgen. Oben links steht einzeln die Ableitung aVR, rechts stehen, in Säulen gegeneinander versetzt, die bipolaren und die unipolaren Extremitätenableitungen. Die Abl. aVR ist umgepolt, deshalb mit einem Minuszeichen versehen, auf die andere Seite der Ableitlinie gebracht. Die Reihenfolge mit einer Winkeldifferenz von $30^{\circ}$ von Ableitlinie zu Ableitlinie ist jetzt aVL, I, -aVR, II, aVF, III, In beiden Abb. sind P, Q, R, S und T in Abl. II am höchsten. Es wiederholt sich hier im Prinzip die Aussage der Tab. 2, nur, daß man hier am EKG-Bild selbst verfolgen kann, wie in den Nachbarabl. mit $30^{\circ}$ Winkelabweichung, -aVR und aVF, alle Zacken und Wellen kleiner werden und in der Abl. mit $60^{\circ}$ Abweichung, I und III, noch kleiner werden, und in Abl. aVL sich wenig oder nicht mehr aus der Nullebene herausheben. Die Abl. aVR, hier links im Bild, zeigt im übrigen im wesentlichen negative Ausschläge, d.h. von diesem Ableitpunkt zeigen die Vektoren weg.

Man kann sich nun einfach und schnell und für klinische Zwecke mit ausreichender Sicherheit über die Lage der Vektoren orientieren. Das Schema der Ableitlinien und der EKG-Bilder der Abb. 3 und 4 läßt technische Fehler, z. B. Verpolungen, oder veränderte

| | aVL | I | -aVR | II | aVF | III |
|---|---|---|---|---|---|---|
| P | | 1 | | 25 | 1 | |
| R | | | 1 | 26 | 1 | |
| S | | 2 | | 19 | 1 | 4 |
| T | | 2 | 3 | 19 | 1 | 2 |

Tab. 2

Häufigkeitsverteilung der höchsten Zacken von P, R, S und T in den einzelnen Extremitätenableitungen der Hunde der Gruppe A. Die meisten Zacken sind in der Abl. II am höchsten, d.h. der Vektor zeigt i. a. in die Richtung der Ableitlinie von II.

Vektorlagen erkennen, z. B. die Verschiebung des R-Vektors in Richtung aVF und III. Das ist ein Hinweis auf eine Rechtshypertrophie, was durch Röntgenaufnahmen weiter untersucht werden müßte.

In den Abb. 3 und 4 unten ist das Schema eines anatomischen Transversalschnittes dargestellt. Er trifft die Höhe, in der die Hauptmasse des Herzens, die sog. Nullfläche liegt und in der die Elektroden angebracht werden sollen. Man sieht, daß der erste positive Teil von QRS, der Haupterregungswelle des Herzens, positiv ist, also auf die rechte Brustwand-Elektrode ($CV_5$) zuläuft, und der zweite Teil von QRS negativ ist, also von ihr wegläuft. R ist etwa so groß wie S. Die Erregungswelle läuft im wesentlichen auf die linken Brustwandelektroden zu, deshalb ist dort R groß. Je weiter nach links abgeleitet wird, desto weniger tief ist S und desto höher ist R, d.h. die Haupterregungswelle läuft nach ventral und links.

Die Vektorlage von T ist leichter zu erkennen. T ist in allen 3 Brustwandableitungen positiv und im allg. groß. Man kann also sagen, daß der Vektor von T nach ventral zeigt. Die P-Welle ist in den Brustwandableitungen häufig nicht hoch, aber meistens in allen 3 Ableitungen positiv, der Vektor zeigt also i. a. ebenfalls nach ventral.

Für die 28 Hunde der Gruppe A wurde ausgezählt, wie häufig die höchsten Zacken von P, R, S und T in den einzelnen Extremitätenableitungen auftreten. Die Häufigkeiten sind in Tab. 2 eingetragen. Es ist interessant, daß die meisten dieser 4 angegebenen Zacken bzw. Wellen in Abl. II am höchsten sind, d.h., ihre Vektoren zeigen bei den von uns untersuchten Hunden fast einheitlich in Richtung der Abl. II. Die Häufigkeitsverteilung der Vektorlagen wie sie in Tab. 2 dargestellt ist, sagt allerdings nichts über die Größen der Zacken und Wellen in Abl. II und in den Nachbarableitungen aus. Q war bei diesem Material so wenig ausgeprägt, daß nicht herauszufinden war, wohin der Vektor zeigte. Es wurde daher von einer Bestimmung abgesehen.

Aus diesen Gründen wurden alle Zacken und Wellen, P, Q, R, S und T, eines weiteren Kollektivs von Hunden (57 Diensthunde der Polizei

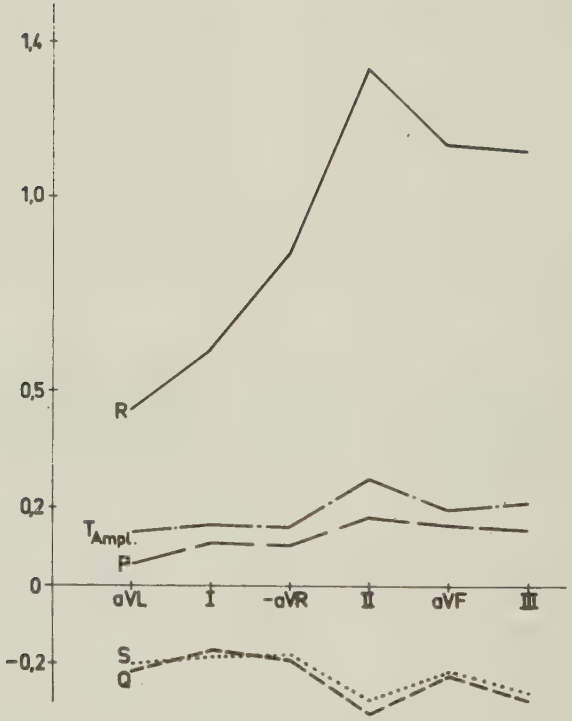


Abb. 5

Graphische Darstellung der Mittelwerte ($\bar{x}$) der Tab. 3. Auch diese Darstellung zeigt, daß alle Zacken und Wellen in Abl. II am höchsten sind, d. h. alle Vektoren zeigen in Richtung der Ableitlinie von Abl. II.

Gruppe B) in allen Extremitäten- und Brustwandableitungen ausgemessen. Die Ergebnisse sind in Tab. 3 wiedergegeben, und zwar die Mittelwerte ($\bar{x}$), die Standardabweichungen der Einzelwerte ($s_x$) sowie die Standardabweichungen der Mittelwerte ($s_{\bar{x}}$). Diese Tabelle enthält also über Tab. 2 hinaus die Potentialhöhen der Zacken und Wellen. Außerdem wurden auch Q und die Potentialhöhen in den Brustwandableitungen ausgemessen. Von der T-Welle ist die Amplitude ($T_{Ampl}$) angegeben, gleichgültig, ob T positiv, negativ oder diphasisch war.

Es fällt auch hier auf, daß die Potentiale aller Zacken und Wellen in Abl. II am höchsten sind und also alle Vektoren, auch der von Q, in Richtung der Ableitlinie von II zeigen. Man kann in Tab. 3, im Gegensatz zu Tab. 2 verfolgen, wie in den Nachbarableitungen -aVR und aVF die Zacken systematisch kleiner werden, in den Abl. mit 60° Winkelabweichung, das sind I und III, noch kleiner werden und in aVL am kleinsten sind. Wir verstehen das nach Kenntnis der Projektionsgesetze. In den Nachbarableitungen wird das Lot des Vektors auf die Ableitlinien kleiner.

Die Ergebnisse der Tab. 3 sind in Abb. 5 graphisch dargestellt. Man sieht hier, wie stark die eingetragenen Zacken und Wellen nach beiden Seiten der Vektorrichtung, der Ableitlinie von II, abfallen. Am stärksten bei R in Richtung aVL. Der Abfall in Richtung F ist weniger deutlich. Das ist besonders im Hinblick auf die Feststellung der Vektorrichtung bei Rechtshypertrophie nachteilig. Der Vektor liegt nämlich bei Rechtshypertrophie wie zu erwarten mehr in Richtung der Ableitlinie von aVF oder noch weiter rechts in Richtung von Abl. III. Die wenig scharfe Grenze nach dieser Seite hin zu kennen und in der Diagnostik der Rechtshypertrophie zu beachten, ist wichtig.

Die nächst größte Zacke, wenn auch bedeutend kleiner als R, ist T bzw. die Amplitude von T ($T_{Ampl}$). Auch der T-Vektor zeigt in Richtung der Ableitlinie von II, ist aber in allen anderen Ableitungen auch noch verhältnismäßig hoch, d. h., er ist im EKG noch deutlich. Dasselbe gilt für P und S.

| | | Extremitätenableitungen | | | | | | Brustwandabl. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | aVL | I | -aVR | II | aVF | III | $CV_5$ | $CV_{611}$ | $CV_{61u}$ |
| P | $\bar{x}$ | 0,057 | 0,109 | 0,105 | 0,185 | 0,156 | 0,142 | 0,115 | 0,120 | 0,142 |
| | $s_x$ | 0,020 | 0,023 | 0,049 | 0,070 | 0,068 | 0,065 | 0,063 | 0,032 | 0,048 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 0,005 | 0,004 | 0,007 | 0,009 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,004 | 0,006 |
| Q | $\bar{x}$ | -0,220 | -0,163 | -0,193 | -0,325 | -0,235 | -0,294 | -0,184 | -0,069 | -0,207 |
| | $s_x$ | 0,147 | 0,194 | 0,047 | 0,222 | 0,194 | 0,185 | 0,067 | 0,015 | 0,048 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 0,026 | 0,012 | 0,008 | 0,035 | 0,029 | 0,025 | 0,009 | 0,006 | 0,007 |
| R | $\bar{x}$ | 0,453 | 0,604 | 0,853 | 1,323 | 1,132 | 1,121 | 0,947 | 1,530 | 1,430 |
| | $s_x$ | 0,276 | 0,306 | 0,369 | 0,313 | 0,355 | 0,370 | 0,244 | 0,136 | 0,544 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 0,037 | 0,043 | 0,049 | 0,042 | 0,047 | 0,051 | 0,033 | 0,018 | 0,073 |
| S | $\bar{x}$ | -0,200 | -0,180 | -0,175 | -0,289 | -0,211 | -0,270 | -0,538 | -0,552 | -0,326 |
| | $s_x$ | 0,114 | 0,173 | 0,014 | 0,178 | 0,124 | 0,175 | 0,301 | 0,100 | 0,260 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 0,015 | 0,023 | 0,014 | 0,024 | 0,018 | 0,026 | 0,046 | 0,013 | 0,035 |
| $T_A$ | $\bar{x}$ | 0,138 | 0,154 | 0,152 | 0,276 | 0,192 | 0,214 | 0,332 | 0,412 | 0,284 |
| | $s_x$ | 0,062 | 0,074 | 0,063 | 0,235 | 0,084 | 0,159 | 0,198 | 0,055 | 0,289 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 0,008 | 0,010 | 0,008 | 0,031 | 0,012 | 0,022 | 0,027 | 0,008 | 0,040 |

Tab. 3

Mittlere Größe und Streuung der links angegebenen Zacken und Wellen in den über der Tabelle angegebenen Ableitungen der Hunde der Gruppe B. $\bar{x}$, $s_x$ und $s_{\bar{x}}$ siehe Tab. 1.

$T_{A(mpl)}$ bedeutet höchste Amplitude von T, gleichgültig ob T positiv, negativ oder diphasisch war.

| | | Extremitätenableitungen | | | | | | Brustwandableitungen | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | T-Form | aVL | I | -aVR | II | aVF | III | $CV_5$ | $CV_{6ll}$ | $CV_{6lu}$ |
| T $\bar{x}$ | + | 0,125 (13) | 0,129 (21) | 0,132 (22) | 0,184 (17) | 0,157 (32) | 0,147 (24) | 0,298 (46) | 0,394 (54) | 0,246 (42) |
| | - | 0,094 (13) | 0,105 (12) | 0,145 (17) | 0,240 (6) | 0,136 (11) | 0,128 (9) | 0,082 (5) | 0,250 (1) | 0,150 (6) |
| | ± | 0,107 (9) | 0,102 (6) | 0,101 (13) | 0,212 (30) | 0,153 (12) | 0,132 (19) | - (0) | - (0) | 0,100 (3) |
| | 0 | (22) | (18) | (5) | (4) | (5) | (7) | (6) | (2) | (6) |

Tab. 4

Mittelwerte der Ausschlaghöhen ($T\bar{x}$) bei positivem (+), negativem (-) und diphasischem T (±) bzw. Häufigkeit des Vorkommens des isoelektrischen T (0) in den über der Tab. angegebenen Ableitungen der Hunde der Gruppe B.

P ist immer positiv. Daß S immer negativ ist, ist auf die konventionelle Nomenklatur zurückzuführen. Auch bei P und S zeigt der Vektor in Richtung der Ableitlinie von Abl. II.

Q ist von allen Zacken am undeutlichsten ausgeprägt, es ist sehr häufig nicht messbar, d. h., es liegt in der Nullinie. Im Mittel aber zeigt der Vektor ebenfalls in Richtung der Ableitlinie von II.

Zu beachten ist, daß sich aVR bei der Ableitung nicht wie im Schema der Abb. 3 oben rechts, also mit positivem P und R darstellt, sondern so wie links vom Dreieck, also mit negativem P und tiefem S. Der Grund ist, daß der Vektor von P und QRS vom Ableitpunkt aVR wegzeigt.

In Tab. 4 sind die Gruppen der 4 verschiedenen Formen von T angegeben, und zwar nur die Mittelwerte ohne die Standardabweichungen und jeweils darunter in Klammern die Anzahl (n). Bei den Vorzeichen am Anfang der Zeilen bedeutet Plus, daß es sich um die Gruppe mit positivem T. Minus, daß es sich um die Gruppe mit negativem T, Plus-Minus, daß es sich um das diphasische T handelt. Die Gruppe Null zeigt, wie häufig T isoelektrisch ist. In den Untergruppen von T ist die Anzahl der Hunde kleiner. Interessanterweise liegt trotzdem der Vektor bei den Gruppen mit positivem, negativem und diphasischem T in Richtung der Ableitlinie von II. Wie bei den anderen Zacken wird der Vektor in den Nachbarableitungen grundsätzlich kleiner. Sozusagen als Komplement ist die Zahl,der Hunde ohne T. Welle in Abl. aVF und II am geringsten und wird umso größer, je mehr Winkelgrade sie von II entfernt ist.

Die Tab. 4 charakterisiert auch Form und Größe von T in den Brustwandableitungen (rechtes Tabellendrittel). Bei weitem am häufigsten (n) ist T in allen 3 Brustwandableitungen positiv. Das negative, das diphasische und das isoelektrische T sind demgegenüber selten.

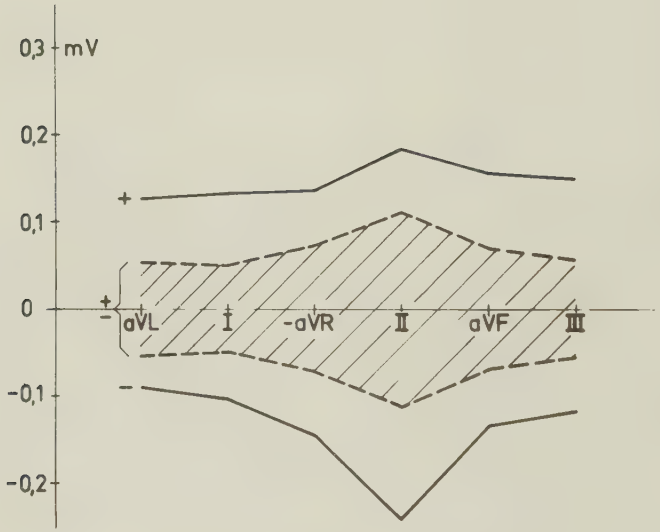


Abb. 6

Graphische Darstellung der Mittelwerte der Amplituden der T-Gruppen mit Ausschlag. Vorzeichen siehe Tab. 4. Auch hier zeigt der Vektor der Untergruppen von T in Richtung der Ableitlinie von II.

Abb. 7

Darstellung der 4 verschiedenen Formen von T. Am häufigsten sind das positive T (links) und das diphasische T (links Mitte), das isoelektrische (Mitte rechts) und das negative T (rechts) sind selten. Über den einzelnen EKG-Abläufen steht die Ableitung, in der sie gefunden wurden.

Die Höhen der Untergruppen von T in den Extremitätenableitungen sind in Abb. 6 graphisch dargestellt, im oberen Quadranten die Verteilung der positiven T-Wellen, im unteren Quadranten die Untergruppe mit negativem T. Um die Abszisse ist in positiver und negativer Richtung die Gruppe mit diphasischem T mit jeweils der halben Amplitude als gestrichelte Linie und mit schraffierter Fläche eingezeichnet, so wie das diphasische T fast gleichmäßig weit um die Grundlinie schwingt. Man sieht hier sofort, daß die Amplituden der 3 verschiedenen T-Formen in Übereinstimmung mit der Gesamtgruppe $T_{Ampl}$ in Richtung der Ableitlinie von II am höchsten sind und in Richtung der benachbarten Ableitlinie allmählich kleiner werden.

In Abb. 7 sind durchschnittliche Formen der 4 verschiedenen T-Gruppen abgebildet. Alle Formen mit Ausschlägen können höher oder niedriger sein, namentlich das diphasische T ist häufig weniger ausgeprägt. Es trat meistens wie hier mit "präterminaler Negativität" auf, d. h. T ist erst negativ und dann positiv. Diese Reihenfolge ist also die allgemein vorkommende. Eine Häufigkeitsverteilung war deshalb nicht aufzustellen, weil die Übergänge vom diphasischen zum negativen und positiven T nicht sicher einzuordnen sind. Immerhin kann man sagen, daß das positive T am häufigsten vorkommt, zahlenmäßig an zweiter Stelle steht das diphasische T. Selten ist das EKG ohne T und mit negativem T.

Über die U-Welle kann nichts Sicheres gesagt werden. Sie ist in unseren Elektrokardiogrammen sehr selten und undeutlich aufgetreten.

Bei dem Versuch, eine Ordnung in das EKG-Bild des Hundes zu bringen, muß man einschränken, daß die Thoraxformen der hier untersuchten Hunde von mittlerem Typ waren. Es fehlten schmalbrüstige vom Windhundtyp, breitbrüstige Hunde vom Typ der Bulldogge, und es fehlten kleine Hunde, z. B. Teckel und Zwergrassen.

Für die untersuchten Hunde kann man jedoch sagen, daß es in Brustbauchlage bei senkrecht zur Wirbelsäule stehenden Oberarmen

große Unterschiede im EKG-Bild nicht gibt. Das Projektionsschema der Abb. 3 und 4 mit seiner einfachen Art der Bestimmung der Lage der Vektoren gibt uns ein einheitliches Ordnungsprinzip für alle 9 beschriebenen Ableitungen. Die unterschiedlichen Formen des EKG- Bildes, die andere Untersucher (17, 18) beschrieben haben, können nicht bestätigt werden. Selbst die 4 verschiedenen Formen von T passen in das Ordnungsschema. In den Extremitätenableitungen zeigen alle Vektoren in Richtung der Ableitlinie II, d. h. die Zacken und Wellen sind in dieser Ableitung am höchsten und nehmen in den Nachbarableitungen nach beiden Seiten hin systematisch an Höhe ab. In den Brustwandableitungen sind alle Zacken und Wellen groß, vergleichbar der der Abl. II in den Extremitätenableitungen. In der rechten Brustwandableitung ist das Bild nicht so einheitlich, S ist häufig so groß wie R, oft sogar noch größer, P meist positiv. Nach den Größen der Ausschläge kann man aber doch sagen, daß die Vektoren von P, R und T i. a. nach ventral und links zeigen.

## IV. Diskussion

Im EKG des Menschen ist T in der Regel positiv, während das negative, das diphasische und das isoelektrische T selten sind. Deshalb ist es möglich, mit Hilfe der Form von T Aussagen über einen Krankheitsverlauf zu machen. So benutzt man z. B. bei der Infarktdiagnostik Form und Verlauf der ST-Strecke, die sog. ST-Hebung und -Senkung zusammen mit der Form des negativen T (spitze und flache Negativität) zur Unterscheidung eines Früh-, eines Spät- und eines Dauerschadens (8).

Für ein solches Vorgehen ist die so sehr variable Form von T beim Hund ein erhebliches Hindernis.

Die auffallendste Form der T-Welle beim Hund ist das diphasische T. Da die Diphasigkeit im allgemeinen eine präterminale Negativität aufweist und die U-Welle beim Menschen meistens positive Ausschlagrichtung hat, könnte man zur Diskussion stellen, ob die Diphasigkeit beim Hund dadurch entsteht, daß auf ein negatives T eine aufgesetzte positive U-Welle folgt.

Wenn der Hund in Brustbauchlage oder im Stehen abgeleitet wird, entspricht die Lage seiner elektrischen Herzachse im EINTHOVEN'schen Dreieck etwa der Steillage des Menschen. Der häufigste Positionstyp beim Menschen ist die linke Schräglage. In der Thoraxstellung von Brustbauchlage und rechter Seitenlage hat der Hund also eine etwas steilere elektrische Herzachse als die meisten Menschen. In der Steillage stimmt beim Menschen der Vektor von T mit dem von R überein, was auch beim Hund zutrifft. Bei den anderen Positionstypen des Menschen zeigt T trotz stark abweichender R-Vektoren immer noch etwa in Richtung der Abl. II, so daß sich zwischen den Vektoren der beiden Zacken z. T. große Differenzwinkel ergeben.

Wie aus Tab. 1 hervorgeht, ist die Streuung der Ausschlaggröße der R- Zacken in beiden untersuchten Körperlagen des Hundes groß. Sie beträgt etwa ein Viertel bzw. ein Drittel der mittleren R-Zackenhöhe nach beiden Seiten. Wenn man bedenkt, wie vielen Bedingungen die Größe der Potentiale des EKG unterliegen, so ist

das gar nicht verwunderlich. Für die klinische Diagnostik ist es insofern von Nachteil, als sich dadurch zwischen dem normalen Herzen und dem Herzen mit rechtsventrikulärer Hypertrophie keine scharfe Grenze ergibt. Beim rechtshypertrophen Herzen liegt die elektrische Herzachse senkrecht ($90^{\circ}$) oder sie zeigt nach rechts ($> 100^{\circ}$) (4). In Abb. 5 sieht man, daß R in Abl. II am höchsten ist, nach der linken Bildseite, d. i. nach der linken Körperseite, scharf, nach der rechten Bild- bzw. Körperseite aber sehr wenig abfällt.

Zur Rechtshypertrophie besteht also keine scharfe Grenze. Eine bessere Möglichkeit zur Feststellung der Rechtshypertrophie bietet die Vektorkardiographie. Beim normal geformten Herzen dreht die Erregungswelle, sie entspricht dem QRS-Komplex, im Körper nach links, hinten und evtl. nach oben. Beim Rechtshypertrophen dreht sie nach vorn, rechts und oben (8).

Für das Verständnis der Vektorkardiographie und der Drehrichtung der Zacken und Wellen beim EKG des Hundes sollen die Ergebnisse dieser Arbeit beitragen.

## V. Zusammenfassung

Bei 28 Hunden der Gruppe A wurden EKG in Brustbauchlage und rechter Seitenlage geschrieben. Es wurde darauf geachtet, daß die Oberarme senkrecht zur Wirbelsäule lagen. Die elektrische Herzachse wurde mittels der Projektionsgesetze bestimmt, sie beträgt in Brustbauchlage 76° und in rechter Seitenlage 74°, d.h., die elektrische Herzachse hat bei den untersuchten Hunden in beiden Lagerungen die gleiche Position.

Bei der Bestimmung der Vektoren von P, R, S und T der Hunde der Gruppe A ergab sich, daß die Zacken alle in Abl. II am höchsten sind. Die Vektoren zeigen also in Richtung der Ableitlinie von Abl. II. In den Nachbarableitungen werden ihre Ausschlaghöhen mit den Winkelsprüngen von 30° systematisch kleiner.

Um den Vektor von Q näher zu bestimmen und etwas über die Größen der Wellen und Zackenhöhen in den Nachbarableitungen von II aussagen zu können, wurde ein weiteres Kollektiv von Hunden untersucht. Diese Hunde der Gruppe B (Polizeihunde) wurden in Brustbauchlage und im Stehen untersucht. Es wurden alle Zacken und Wellen des EKG für alle Extremitätenableitungen und die Brustwandableitungen ausgemessen. Es zeigte sich auch hier, daß alle Vektoren in den Extremitätenableitungen sowie der Vektor von Q in Richtung der Ableitlinie von II zeigen. Anhand der Meßwerte kann man verfolgen, wie in den Nachbarableitungen -aVR und aVF die Zacken und Wellen systematisch kleiner werden, in den Abl. I und III noch kleiner werden und in aVL am kleinsten sind.

Von T gibt es 4 Gruppen, das positive, das diphasische, das negative und das isoelektrische T. Interessanterweise liegt auch hier der Vektor bei den Gruppen mit Ausschlag, also den nichtisoelektrischen, in Richtung der Ableitlinie von II. Wie bei den anderen Zacken und Wellen wird der Vektor in den Nachbarableitungen grundsätzlich kleiner.

Die Verkleinerung der Potentiale in Richtung aVF ist weniger deutlich ausgeprägt, was im Hinblick auf die Feststellung der

Rechtshypertrophie von Bedeutung ist. Bei Rechtshypertrophie zeigt der Vektor zur Ableitlinie von F oder von III. Im normalen EKG ist die Grenze nach dieser Seite wenig scharf. Das ist in der Diagnostik der Rechtshypertrophie zu beachten und von Nachteil.

Auch der Vektor der Amplitude von T ($T_{Ampl}$) zeigt in Richtung der Ableitlinie von Abl. II, ist aber auch in allen anderen Ableitungen noch verhältnismäßig hoch. Obwohl eine Häufigkeitsverteilung der 4 T-Formen infolge fliessender Übergänge zwischen den Formen nicht aufzustellen war, kann man sagen, daß das positive und das diphasische T am häufigsten vorkommen, selten sind das isoelektrische und das negative T.

## VI. Literaturverzeichnis


(1) Böhme, G. — Die Herzbeutel-Zwerchfell-Verbindung beim Hund
Anat. Anzeiger, Bd. 115, S. 83-88 (19

(2) Caldr, H. — Ein Beitrag zur Kenntnis des normalen Elektrokardiogrammes vom Hund
Vet. med. Diss. Wien 1952

(3) Detweiler, D. K. Patterson, D. F. — The Prevalence and Types of Cardiovascular Disease in Dogs
Comparative Cardiologie, P. 481-514
New York 1965

(4) Detweiler, D. K. — Persönliche Mitteilung

(5) Gonin, P. — Über die Lage der elektrischen Herzachse beim Hund
Vet. med. Diss. Bern 1962

(6) Gymarmati, E. — Klinische elektrokardiographische Untersuchungen bei Hunden
Vet. med. Diss. Budapest 1940

(7) Haupt, K. — Die Aufnahmetechnik des Hundeelektrokardiogrammes in der Veterinärklinik und ihre Ergebnisse
Vet. med. Diss. Gießen 1929

(8) Holzmann, M. — Klinische Elektrokardiographie
Verlag Georg Thieme, Stuttgart 1955, 3. Auflage

(9) Janitschke, K. — Eine klinische Methode zum Ableiten von Hirnströmen beim Hund
Vet. med. Diss. Berlin 1962

(10) Katz, L. N. Sorkin, S. und Frisch, R. — Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 32, 208 (1934) zit. bei LEPESCHKIN

(11) Kraft, H. — EKG und Narkose bei Pferd und Hund Berliner und Münchener tierärztl. Wochenschrift 75 Jahrg., Heft 9, S. 165 1962

(12) Koch-Momm, E. — Zeitschrift für Kreislaufforschung 25 513, 1933

(13) Lalich, Cohen und Walker — Americ. Hart, J. 22, 105, 1941

(14) Lannek, N. — A clinical and experimental study on the electrocardiogram in dogs Vet. med. Diss. Stockholm, 1949

(15) Lepeschkin, E. — Das EKG Verlag Steinkopf, Dresden und Leipzig 1957, 3. Aufl.

(16) Ludwig, K.-H. — Die Elektrokardiographie beim gesunden Hund unter besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung in der Klinik Vet. med. Diss. Leipzig 1924

(17) Mainzer, F. und Krause, M. — Über spontane Konfigurationsänderungen des normalen Extremitäten-EKG beim H Cardiologia (Basel) 1, 148-158 (1937)

(18) Nowak, R. — Vergl. Betrachtungen der Elektrokardiogramme von Gebrauchshunden mit besonderer Berücksichtigung der physiologischen Schwankungsbreite Vet. med. Diss. Leipzig 1957

(19) Nörr, J. — Über Herzstromkurvenaufnahmen an Haustieren. Arch. wiss. prakt. Tierhkd. 48, 85, 1922

(20) Petersen, E. S.; Ricketts, H. T.; Brewer, N. R.; Lints, H. A.; Test, C. E. and Tupikova, N. A. — Electrocardiogram of the Beagle Dog. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 77, 330-332, 1951

(21) Preuß, F. — Anleitung zur topographischen Ganztierpräparation. Berlin 1967

(22) Rothschuh, K. E. — Elektrophysiologie des Herzens. Steinkopff Verlag, Darmstadt, 1951

(23) Schaefer, H. — Das Elektrokardiogramm. Theorie und Klinik. Springer Verlag, 1951

(24) Schulze, W.; Christoph, H. J.; Nowak, R. — Beitrag zur physiologischen Schwankungsbreite des EKG beim Hund. Arch. exper. Vet. Med. 11, 994-1014, 1957

(25) Weber, E. — Grundriß der biologischen Statistik. Verlag VEB Fischer, Jena, 1961, 4. Aufl.

(26) Weppler, R. — Untersuchungen zum EKG des Hundes. Vet. med. Diss. München, 1958

(27) — Gemäß der neuen anat. Nomenklatur (N. a. V.)

(28) Werner, J. — Persönliche Mitteilung

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. L. Felix Müller
für die Überlassung des Themas und Herrn Dr. Werner
sowie den Mitarbeitern der Klinik für ihre Ratschläge
und Unterstützung.

# Lebenslauf

In Gleiwitz/Os wurde ich, Dagmar Kühn, als Tochter des Diplomingenieurs Siegfried Kühn und seiner Ehefrau Ursula, geb. Rudloff, am 24. Dezember 1941 geboren.

Mein Vater fiel im Mai 1945, meine Mutter verstarb am 22.3.1964 in Berlin. Von 1948 bis 1951 besuchte ich die Grundschule von Falkenberg/Mark und Leipzig. Von 1955 bis 1962 besuchte ich die 4. Oberschule in West-Berlin, die ich im März 1962 mit der Reifeprüfung verließ. Am 3. April desselben Jahres wurde ich an der Freien Universität Berlin immatrikuliert, um mit dem Studium der Veterinärmedizin zu beginnen.
Die tierärztliche Vorprüfung legte ich am 15. Mai 1964 ab. Die klinischen Semester belegte ich ebenfalls an der Freien Universität, wo ich am 22. März 1967 mit dem Staatsexamen abschloß. Meine Praktikantenzeit absolvierte ich an der Klinik für kleine Haustiere und der Klinik für Geburtshilfe und Klauentierkrankheiten. Zur Zeit bin ich als Forschungsassistent am Institut für Parasitologie beschäftigt.